

PATENT
03630-P0034A WWW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants	Christoph Meyer, <i>et al.</i>
Serial No. 10/625,176	Filing Date: July 23, 2003
Title of Application:	Retarded Electric Motor
Confirmation No. 8247	Art Unit: 1254
Examiner	

Commissioner for Patents
Post Office Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Submission of Priority Document

Dear Sir:

Applicants hereby submit a certified copy of the priority document,
German Application No. 102 34 397.7, to perfect Applicants' claim of priority.

Respectfully submitted,

Wesley W. Whitmyer, Jr., Registration No. 33,558
Attorney for Applicants
ST.ONGE STEWARD JOHNSTON & REENS LLC
986 Bedford Street
Stamford, CT 06905-5619
203 324-6155

Mailing Certificate: I hereby certify that this correspondence is today being deposited
with the U.S. Postal Service as *First Class Mail* in an envelope addressed to:
Commissioner for Patents and Trademarks; Post Office Box 1450; Alexandria, VA
22313-1450.

January 26, 2004

Gregory D. Venuto

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 34 397.7

Anmeldetag: 23. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: C. & E. FEIN GmbH & Co KG, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Gebremster Reihenschlussmotor und Verfahren
zum Bremsen eines Reihenschlussmotors

IPC: H 02 P 3/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoß

WITTE, WELLER & PARTNER

Patentanwälte

Rotebühlstraße 121 · D-70178 Stuttgart

Anmelder:

C. & E. FEIN GmbH & Co. KG
Leuschnerstraße 41-47
D-70176 Stuttgart
Deutschland

22. Juli 2002
2007P219 SG-rc

Gebremster Reihenschlußmotor und Verfahren
zum Bremsen eines Reihenschlußmotors

Die Erfindung betrifft einen gebremsten Reihenschlußmotor mit mindestens einer Feldwicklung und mindestens einem kommutierenden Anker, der mit der mindestens einen Feldwicklung in Reihe liegt und im Motorbetrieb aus einer Versorgungsspannung gespeist wird, mit Mitteln zum Umschalten in den Bremsbetrieb.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Bremsen eines Reihenschlußmotors mit mindestens einer Feldwicklung und einem kommutierenden Anker.

Ein derartiger gebremster Reihenschlußmotor und ein derartiges Verfahren zum Bremsen eines Reihenschlußmotors sind aus der WO91/03866 bekannt.

Hierbei wird zum Abbremsen des Motors bei Umschalten vom Motorbetrieb in einen Bremsbetrieb ein geschlossener, von der Versorgungsspannung abgetrennter Stromkreis über die Feldwicklungen, Wendepolwicklungen und den Anker gebildet. Zur Begrenzung des Bremsstroms ist ein Strompfad zwischen dem Anker und einer Wendepolwicklung gebildet, der durch zwei in Wechselrichtung parallel geschaltete Zenerdioden reguliert wird.

Zur Umschaltung zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb ist ein mehrpoliger Umschalter notwendig, der eine spezielle Schaltfolge aufweisen muß, um eine Zerstörung des Schalters durch die Bildung eines Lichtbogens bei schnellem Hin- und Herschalten zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb zu vermeiden.

Aus der DE 36 36 555 A1 ist ein weiterer Reihenschlußmotor bekannt geworden, bei dem eine selbsterregte Bremsung beim Umschalten aus dem Motorbetrieb in den Bremsbetrieb erreicht werden soll. Um eine Einleitung der Bremsung zu gewährleisten, ist ein Kondensator vorgesehen, der im Motorbetrieb über eine Diode aufgeladen wird. Bei Umschaltung in den Bremsbetrieb wird der Bremsvorgang durch Entladung des Kondensators eingeleitet.

Auch bei diesem Reihenschlußmotor ist ein spezieller mehrpoliger Schalter notwendig, der derart ausgelegt sein muß, daß zunächst der Stromkreis zuverlässig von der Versorgungsspannung abgetrennt wird, bevor der Bremsstromkreis über eine Feldwicklung und den Anker geschlossen wird. Des weiteren wird die Ver-

wendung eines Kondensators zur Einleitung des Bremsvorgangs als nachteilig angesehen, da nur eine einmalige Kondensatorentladung möglich ist, um den Bremsvorgang einzuleiten. Reicht dies nicht aus, um eine zuverlässige Einleitung des Bremsvorgangs zu gewährleisten, so wird bei einmal entladenelem Kondensator auch danach kein Bremsen mehr ermöglicht.

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen gebremsten Reihenschlußmotor und ein Verfahren zum Bremsen eines Reihenschlußmotors zu schaffen, womit eine zuverlässige Bremsung auf möglichst einfache und kostengünstige Weise erreicht werden kann.

Diese Aufgabe wird bei einem gebremsten Reihenschlußmotor gemäß der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Mittel zum Umschalten in den Bremsbetrieb eine Überbrückung des Ankers und eine Fremderregung mindestens einer Feldwicklung durch die Versorgungsspannung im Bremsbetrieb erlauben.

Diese Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren zum Bremsen eines Reihenschlußmotors mit mindestens einer Feldwicklung und einem kommutierenden Anker gelöst, wobei zum Bremsen der Stromkreis über die mindestens eine Feldwicklung und den Anker zu den Polen der Speisespannung unterbrochen wird und mindestens eine Feldwicklung zur Fremderregung an die Speisespannung gelegt wird, und wobei der Anker zum Bremsen überbrückt wird.

Die Aufgabe der Erfindung wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

Während des Motorbetriebes liegt die bekannte Schaltung eines Reihenschlußmotors vor, bei der Anker und Feldwicklung(en) in Reihe geschaltet sind. Zum Bremsen wird der Stromkreis über Anker und Feldwicklung(en) unterbrochen und mindestens eine Feldwicklung über die Versorgungsspannung fremderregt, während der Anker kurzgeschlossen wird. Der Motor wird erfindungsgemäß also zum Bremsen als fremderregter Gleichstromgenerator betrieben.

Auf diese Weise ist eine zuverlässige Einleitung der Bremsung in jedem Falle gewährleistet. Des weiteren ist ein spezieller mehrpoliger Schalter, der eine besondere Schaltfolge aufweist, nicht mehr erforderlich. Vielmehr kann die gewünschte Umschaltung zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb auf rein elektronische Weise erzielt werden, sofern dies gewünscht ist.

Insgesamt läßt sich erfindungsgemäß eine zuverlässige Bremsung eines Reihenschlußmotors auf besonders kostengünstige Weise gewährleisten, wobei eine hohe Ausfallsicherheit erzielbar ist.

Grundsätzlich bestehen verschiedene Möglichkeiten, um die erfindungsgemäße Umschaltung zwischen Motorbetrieb, bei dem Anker und Feldwicklung(en) in Reihe liegen und mit der Versorgungsspannung betrieben werden, in den Bremsbetrieb zu gewährleisten, bei dem der Motor als fremderregter Gleichstromgenerator betrieben wird.

Gemäß einer ersten Weiterbildung der Erfindung sind Mittel zur Begrenzung des Erregerstroms durch die mindestens eine Feldwicklung im Bremsbetrieb vorgesehen.

Auf diese Weise kann ein zu starker Anstieg des Erregerstroms vermieden werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind Mittel zur Begrenzung der Spannung an der mindestens einen Feldwicklung im Bremsbetrieb vorgesehen.

Auf diese Weise werden Überspannungen vermieden, die insbesondere bei Verwendung von schnell schaltenden elektronischen Bauelementen insbesondere in Verbindung mit Induktivitäten auftreten können.

In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist zur Überbrückung des Ankers im Bremsbetrieb ein steuerbares Ventil vorgesehen, das parallel zum Anker geschaltet ist.

Auch zur Beeinflussung des Erregerstroms durch die mindestens eine Feldwicklung kann ein steuerbares Ventil vorgesehen sein.

Als Ventil soll im Sinne dieser Anmeldung ganz allgemein ein Schalter, ein Relais, insbesondere aber ein Halbleiter mit geeigneter Ansteuerung, wie ein Triac, ein Thyristor, ein Transistor, insbesondere Feldeffekttransistor oder dergleichen mehr verstanden werden.

Hierbei kann zur Ansteuerung ein steuerbaren Ventils insbesondere ein Optokoppler, wie z.B. eine Optodiode mit einem Optotriac vorgesehen sein. Hierdurch wird eine Entkopplung zwischen einem Steuerstromkreis und dem zu schaltenden Stromkreis gewährleistet, in dem das steuerbare Ventil liegt.

Es versteht sich, daß natürlich beliebige andere Ausführungen für ein steuerbares Ventil möglich sind, z.B. die Verwendung eines Relais. Um für bestimmte Anwendungen oder Schaltungen eine Stromrichtung vorzugeben, kann im einfachsten Fall eine Diode verwendet werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung verbindet das steuerbare Ventil die mindestens eine Feldwicklung im Bremsbetrieb über einen Lastwiderstand mit der Speisespannung.

Bei dieser sehr einfachen Ausführung wird also eine Begrenzung der Fremderregung über die mindestens eine Feldwicklung einfach durch einen Leistungswiderstand erreicht.

Gemäß einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung verbindet das steuerbare Ventil die mindestens eine Feldwicklung über einen Lastwiderstand und mindestens eine Erregerwicklung mit der Speisespannung.

Da sich die Erregung aus dem Produkt aus Windungszahl und Strom ergibt, kann sich bei einer entsprechenden Windungszahl eine größere Erregung trotz deutlich kleinerem Strom ergeben. Deshalb kann für den Lastwiderstand ein höherer Widerstandswert gewählt werden, wodurch die daran anfallende Verlustleistung geringer ausfällt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist zur Überbrückung des Ankers ein steuerbares Ventil vorgesehen, das in Reihe mit einer Erregerwicklung parallel zum Anker angeschlossen ist.

Gleichfalls wie bei der zusätzlichen Erregerwicklung im Erregerstromkreis über die mindestens eine Feldwicklung kann auch hierbei ein Lastwiderstand mit geringerer Verlustleistung verwendet werden. Da der Strom im kurzgeschlossenen Ankerstromkreis deutlich höher ist, reicht hierbei jedoch eine Erregerwicklung mit geringerer Windungszahl aus als bei der zuvor beschriebenen Variante.

Zur Steuerung des Motors im Motorbetrieb kann gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung eine Phasenanschnittsteuerung vorgesehen sein, über die ein Schalter, vorzugsweise in Form eines Triacs gesteuert wird, der in Reihe mit der mindestens einen Feldwicklung und dem Anker liegt.

Gemäß einer weiteren Variante der Erfindung ist zur Steuerung des Motors im Motorbetrieb ein Transistor, vorzugsweise ein Feldeffekttransistor, vorgesehen, der vorzugsweise von einer Pulsweitenmodulationssteuerung (PWM) angesteuert wird, und der mit der mindestens einen Feldwicklung und dem Anker in Reihe liegt.

Eine derartige Schaltung kann ohne weiteres verwendet werden, sofern die Versorgungsspannung eine Gleichspannung ist.

Im Falle der Verwendung von Wechselstrom als Speisespannung wird der Transistor im Motorstromkreis vorzugsweise über einen Gleichrichter, insbesondere einen Brückengleichrichter, an die Speisespannung bzw. an die mindestens eine Feldwicklung bzw. die Ankerwicklung angeschlossen.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist ein Ventil vorgesehen, das parallel zu der mindestens einen Feldwicklung angeschlossen ist, die zur fremderregten Bremsung im Bremsbetrieb verwendet wird.

Auf diese Weise werden Überspannungen vermieden, die insbesondere durch die Verwendung von schnellen elektronischen Schaltelementen, wie z.B. bei der PWM-Ansteuerung, entstehen können.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird zur Steuerung des Erregerstroms im Bremsbetrieb durch die mindestens eine Feldwicklung ein Transistor, vorzugsweise ein Feldeffekttransistor, verwendet, der vorzugsweise über eine Pulsweitenmodulationssteuerung angesteuert wird.

Auf diese Weise kann auf die Verwendung von Lastwiderständen oder zusätzlichen Erregerwicklungen zur Begrenzung des Erregerstroms verzichtet werden.

Falls gewünscht, kann ein über eine Pulsweitenmodulationssteuerung angesteuerter Transistor sowohl zur Steuerung des Motorstroms im Motorbetrieb als auch zur Steuerung des Bremsstroms im Bremsbetrieb verwendet werden, wodurch sich die Schaltung insgesamt vereinfacht.

Sofern zur Steuerung des Motors im Motorbetrieb eine Phasenschnittsteuerung verwendet werden soll und zur Steuerung des Motors im Bremsbetrieb, d.h. zur Begrenzung des Erregerstroms, ein Transistor verwendet werden soll, so wird dieser vorzugsweise über ein Ventil an den Anker bzw. die mindestens eine Feldwicklung angeschlossen.

Sofern die verwendete PWM-Steuerung abschaltbar ist, reicht hierbei als Ventil eine Diode aus. Anderenfalls wird vorzugsweise ein abschaltbares Ventil verwendet.

Zur Ansteuerung eines steuerbaren Ventils wird vorzugsweise ein Optokoppler mit einem Optotriac verwendet.

Hierdurch ergibt sich eine besonders einfache und zuverlässige Entkopplung zwischen einer Steuerspannung und einer zu schaltenden Spannung in dem Stromkreis, in dem das Ventil liegt.

Gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung wird zur Steuerung des Motors sowohl im Motorbetrieb als auch im Bremsbetrieb eine Phasenanschnittsteuerung verwendet, über die ein Schalter vorzugsweise in Form eines Triacs gesteuert wird, der in Reihe mit der mindestens einen Feldwicklung und dem Anker liegt. Dabei steuert die Phasenanschnittsteuerung im Bremsbetrieb nur eine Halbwelle entsprechend der zur Bremsen notwendigen Stromrichtung an.

Hierdurch sind weniger Bauteile notwendig. Auch ergibt sich ein volumensparender Aufbau bei geringen Verlusten.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

- Fig. 1 eine erste Ausführung eines erfindungsgemäßen Reihenschlußmotors im Motorbetrieb in stark vereinfachter Prinzipdarstellung;
- Fig. 2 den Reihenschlußmotor gemäß Fig. 1 im Bremsbetrieb;
- Fig. 3 eine weitere Ausführung eines erfindungsgemäßen Reihenschlußmotors in stark vereinfachter Prinzipdarstellung;
- Fig. 4 eine weitere Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Reihenschlußmotors unter Verwendung eines Lastwiderstandes zur Begrenzung des Erregerstroms;
- Fig. 5 eine Abwandlung der Ausführung gemäß Fig. 4, wobei zusätzlich eine Hilfserregerwicklung vorgesehen ist, die im Bremsbetrieb über den im Ankerstromkreis fließenden Strom erregt wird;
- Fig. 6 eine weitere Abwandlung der Ausführung gemäß Fig. 4, bei der zusätzlich in Reihe mit dem Lastwiderstand eine Hilfserregerwicklung vorgesehen ist;
- Fig. 7 eine weitere Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Reihenschlußmotors, bei dem im Falle eines Betriebs mit Gleichstrom ein Ventil in Form eines Feldeffekttransistors sowohl zur Steuerung des Motorstroms im

Motorbetrieb als auch zur Steuerung des Bremsstroms im Bremsbetrieb vorgesehen ist;

Fig. 8 eine Abwandlung der Ausführung gemäß Fig. 7 für einen Betrieb mit Wechselstrom;

Fig. 9 eine weitere Abwandlung eines erfindungsgemäßen Reihenschlußmotors mit Phasenanschnittsteuerung für den Motorbetrieb und Pulsweitenmodulationssteuerung für den Bremsbetrieb im Falle einer symmetrischen Anordnung des Ankers zwischen zwei Feldwicklungen;

Fig. 10 eine Abwandlung der Ausführung gemäß Fig. 9 mit asymmetrischer Anordnung der Feldwicklungen;

Fig. 11 eine praktische Ausführung der Schaltung gemäß Fig. 9, wobei die beiden Ventile V_2 , V_3 über Triacs realisiert sind, die über Optotriacs angesteuert werden und

Fig. 12 eine Abwandlung der Ausführung gemäß Fig. 8, bei der statt einer Pulsweitenmodulationssteuerung eine Phasenanschnittsteuerung sowohl für den Motorbetrieb als auch für den Bremsbetrieb verwendet wird.

Ein erfindungsgemäßer Reihenschlußmotor läßt sich beispielsweise vorteilhaft zum Betrieb eines gebremsten Elektrowerkzeuges verwenden, wie etwa zum Betrieb eines gebremsten Winkelschleifers, einer Säge oder dergleichen mehr.

Zunächst soll das Grundprinzip der Erfindung anhand eines erfindungsgemäßen Reihenschlußmotors erläutert werden, der in den Figuren 1, 2 und 3 vereinfacht dargestellt ist.

Während Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Reihenschlußmotor 10 im Motorbetrieb zeigt, zeigt Fig. 2 den Reihenschlußmotor 10' im Bremsbetrieb.

Der Reihenschlußmotor 10 bzw. 10' umfaßt zwei Feldwicklungen 14, 16 und einen Anker 12, der in der üblichen Weise eine kommutierende Ankerspule aufweist, die über Bürsten angeschlossen ist, die in den Figuren 1 und 2 lediglich schematisch angedeutet sind.

Der Anker 12 ist zwischen den beiden Feldwicklungen 14, 16 in Reihe geschaltet und über einen Schalter S_1 (Motorschalter) mit einer Speisespannungsquelle 17 verbindbar. Zusätzlich kann ein Netzschalter S_0 zum Ein- und Ausschalten des gesamten Motors vorgesehen sein, über den die Verbindung mit der Speisespannung 17 erfolgt. Soweit handelt es sich um die bekannte Schaltung eines Reihenschlußmotors mit symmetrischer Anordnung des Ankers 12 zwischen zwei Feldwicklungen 14, 16.

Erfindungsgemäß besteht nun die Möglichkeit, den Reihenschlußmotor 10 zur Bremsung derart umzuschalten, daß sich die Schaltung eines fremderregten Gleichstromgenerators ergibt, wie in Fig. 2 dargestellt ist.

Hierzu wird zunächst durch Öffnen des Schalters S_1 der Stromkreis über die beiden Feldwicklungen 14, 16 und den Anker 12 getrennt. Ferner wird der Anker 12 über einen dazu parallelen

Schalter S_2 kurzgeschlossen, während die Feldwicklung 14 über einen Schalter S_3 mit dem anderen Pol der Speisespannung verbunden wird, so daß sich eine Fremderregung ergibt. Es versteht sich, daß die Schalter S_2 , S_3 während des Motorbetriebs geöffnet sind, wie aus der Darstellung gemäß Fig. 1 zu ersehen ist.

Da der erfindungsgemäße Reihenschlußmotor im Bremsbetrieb als fremderregter Gleichstromgenerator betrieben wird, werden Probleme, die im Stand der Technik mit dem selbsterregten Bremsen verbunden, vollständig vermieden.

Eine verallgemeinerte Ausführung des Reihenschlußmotors 10 bzw. 10' gemäß der Figuren 1 und 2 ist in Fig. 3 dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 10a bezeichnet.

Wiederum umfaßt hierbei der Reihenschlußmotor 10a einen Anker 12 und zwei Feldwicklungen 14, 16, die miteinander in Reihe liegen. Während in Fig. 3 eine symmetrische Anordnung des Ankers 12 dargestellt ist, wobei also der Anker 12 zwischen den beiden Feldwicklungen 14, 16 angeordnet ist, ist grundsätzlich auch eine asymmetrische Anordnung denkbar, wobei die beiden Feldwicklungen 14, 16 unmittelbar miteinander verbunden sind und an einem Ende über den Anker 12 mit der Versorgungsspannung gekoppelt sind.

Die in Fig. 1 und 2 erwähnten Schalter S_1 , S_2 , S_3 sind in Fig. 3 verallgemeinert dargestellt als beliebige Baugruppen, die es erlauben, einen Strom zu steuern. Hierbei kann es sich um eine vollständige Unterbrechung, wie etwa durch einen mechanischen Schalter oder ein Relais handeln, oder aber um ein vollständiges Durchsteuern bzw. um beliebige Zwischenwerte. Dabei kann

eventuell eine Strombegrenzung durch einen Widerstand oder eine Induktivität erzielt werden. Durch einen Halbleiter mit entsprechender Ansteuerung, z.B. einen Triac, einen Tyristor, einen Transistor, insbesondere einen Feldeffekttransistor u.s.w. läßt sich eine solche Baugruppe vollständig mit elektronischen Mitteln realisieren.

Zusätzlich zu der Ausführung gemäß der Figuren 1 und 2 weist der Reihenschlußmotor 10a gemäß Fig. 3 eine weitere Baugruppe S_4 auf, die parallel zur einen Feldwicklung 14 angeschlossen ist und die dazu dient, die je nach Ausführung der Baugruppe S_3 , die an der Feldwicklung 14 anfallende Spannung zu begrenzen. Falls beispielsweise die Baugruppe S_3 schnelle elektronische Schalter beinhaltet, wie etwa bei einer Pulsweitenmodulationssteuerung, so könnten hierdurch schädliche Spannungsspitzen entstehen, die durch die Baugruppe S_4 begrenzt werden können. Mit S_4 wird daher ganz allgemein ein Freilaufventil zur Begrenzung von Spannungsspitzen bezeichnet, wobei es sich im einfachsten Fall um eine Diode handeln könnte.

Nach Abschluß der Bremsung kann S_3 geöffnet werden, um die Schaltung vollständig von der Speisespannung zu trennen. Dies gilt für alle Varianten der Erfindung.

Ein erfindungsgemäßer Reihenschlußmotor läßt sich unter Verwendung von wenigen elektronischen Bauteilen besonders einfach, kostengünstig und zuverlässig aufbauen, wie im folgenden anhand von Beispielen gemäß der Figuren 4 bis 12 näher erläutert wird.

Dabei werden im übrigen für entsprechende Teile entsprechende Bezugsziffern bei den verschiedenen Ausführungsvarianten verwendet.

In Fig. 4 ist eine erste dieser Ausführungsvarianten insgesamt mit der Ziffer 10b bezeichnet.

Der Motor 10b umfaßt einen Anker 12, der symmetrisch zwischen zwei Feldwicklungen 14, 16 in Reihe geschaltet ist. Während die eine Feldwicklung 14 mit ihrem vom Anker 12 abgewandten Ende unmittelbar an einen Pol der Speisespannung 17 angeschlossen ist, ist die andere Feldwicklung 16 an ihrem vom Anker 12 abgewandten Ende über ein Ventil V_1 , das als Triac ausgeführt ist, mit dem zweiten Pol der Speisespannung 17 verbunden. Das Ventil V_1 wird über eine Phasenanschnittsteuerung 18 in an sich bekannter Weise angesteuert. Bis hierhin entspricht die Schaltung des Reihenschlußmotors mit Feldwicklungen 14, 16, Anker und Triac V_1 mit Phasenanschnittsteuerung 18 im Motorbetrieb dem Stand der Technik.

Erfindungsgemäß ist nun ein insgesamt mit der Ziffer 20 bezeichnetes Bremsmodul vorgesehen, das zwei Ventile V_3 , V_4 und einen Lastwiderstand R_1 umfaßt. Parallel zum Anker 12 ist das Ventil V_3 angeschlossen, bei dem es sich im dargestellten Fall um einen Thyristor handelt, der beispielsweise über einen Optokoppler angesteuert sein kann (nicht dargestellt). Das Ventil V_3 ermöglicht eine Überbrückung der Ankerwicklung 12 in der anhand der Figuren 2 und 3 erläuterten Weise. Zwischen dem Anker 12 und der Feldwicklung 14 ist ferner das Ventil V_4 angeschlossen, über das die Feldwicklung 14 vom einen Pol der Speisespannung 17 über einen Lastwiderstand R_1 mit dem anderen Pol der

Speisespannungsquelle 17 verbunden ist. Hierüber fließt der Erregerstrom im Bremsbetrieb.

Auch bei diesem Ventil V_4 kann es sich beispielsweise um einen Thyristor handeln, der z.B. über einen Optokoppler angesteuert wird (nicht dargestellt).

Bei der Umschaltung in den Bremsbetrieb wird zunächst das Ventil V_1 geöffnet und die Ventile V_3 , V_4 eingeschaltet. Somit wird der Anker 12 und das Ventil V_3 kurzgeschlossen und die Feldwicklung 14 über das Ventil V_4 und den Lastwiderstand R_1 aus der Speisespannungsquelle 17 fremderregt. Da beide Ventile V_3 , V_4 gleichermaßen mit ihren Anoden zwischen Anker 12 und Feldwicklung 14 angeschlossen sind, ist bei Umschaltung in den Bremsbetrieb die Stromrichtungsumkehr im Anker automatisch vorgegeben.

Während es sich bei den Ventilen V_1 und V_3 im einfachsten Fall auch um einen Ein-/Ausschalter handeln könnte, handelt es sich bei dem Ventil V_4 um ein Schaltelement mit Vorzugsrichtung, also zumindest um einen mechanischen Schalter oder ein Relais, in Reihe mit einer Diode. Vorzugsweise ist das Ventil V_4 jedoch als elektronisches Bauelemente mit Vorzugsrichtung ausgebildet, das schaltbar ist, wie z.B. als Thyristor. Der Lastwiderstand R_1 dient zur Begrenzung des Erregerstroms und kann beispielsweise als Leistungswiderstand mit ca. 150 Watt ausgelegt sein, sofern der Reihenschlußmotor 10b etwa als gebremster Universalmotor mit einer Leistung von ca. 1000 Watt ausgelegt ist.

Eine Abwandlung des Reihenschlußmotors gemäß Fig. 4 ist in Fig. 5 dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 10c bezeichnet.

Der einzige Unterschied zum Reihenschlußmotor 10b besteht darin, daß bei der Ausführung gemäß Fig. 5 eine zusätzliche Erregerwicklung L_1 in Reihe mit dem Ventil V_3 liegt. Durch diese zusätzliche Erregerwicklung, die im Bremsbetrieb vom Ankerstrom durchflossen wird, wird die Bremswirkung verstärkt. Aus diesem Grund kann der über die Feldwicklung 14, das Ventil V_4 und den Lastwiderstand R_1 fließende Erregerstrom im Bremsbetrieb reduziert werden, der Lastwiderstand R_1 also mit einem größeren Widerstandswert ausgestaltet werden, so daß die daran anfallende Verlustleistung reduziert wird.

Eine weitere Abwandlung dieser Ausführung ist in Fig. 6 dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 10d bezeichnet. Der einzige Unterschied zur Ausführung gemäß Fig. 5 besteht darin, daß anstelle einer zusätzlichen Erregerwicklung L_1 nunmehr eine zusätzliche Erregerwicklung L_2 vorgesehen ist, die in Reihe mit dem Ventil V_4 und dem Lastwiderstand R_1 liegt.

Auch auf diese Weise wird eine stärkere Erregung im Bremsbetrieb gewährleistet, wozu ein kleinerer Erregerstrom ausreicht.

Eine weitere Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Reihenschlußmotors ist in Fig. 7 dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 10e bezeichnet.

Die betreffende Schaltung ist zum Betrieb mit Gleichstrom ausgelegt, wodurch sich eine vereinfachte Ausführung ergibt. Im Unterschied zu den zuvor beschriebenen Ausführungen sind hierbei die beiden Feldspulen 14, 16 asymmetrisch zum Anker 12 angeordnet, was grundsätzlich auch bei den zuvor beschriebenen

Ausführungen und anderen nachfolgend beschriebenen Ausführungen immer möglich ist.

Zur Steuerung sowohl des Motorstroms als auch des Bremsstroms ist ein Ventil V_1 vorgesehen, das als Feldeffekttransistor ausgeführt ist, der mit Source und Drain an den Minuspol der Speisespannung 17 bzw. an den Anker 12 angeschlossen ist. Der Feldeffekttransistor wird über eine Pulsweitenmodulationssteuerung PWM an seinem Gate angesteuert.

Wiederum ist parallel zum Anker 12 ein steuerbares Ventil V_3 angeschlossen, das beispielsweise als Thyristor ausgeführt sein kann, der mit seiner Kathode mit Drain des Feldeffekttransistors V_1 verbunden ist. Um Überspannungen zu verhindern, die durch das schnelle Schalten des Ventils V_1 durch die Pulsweitenmodulationssteuerung entstehen können, ist zwischen Drain des Ventils V_1 und dem Pluspol der Speisespannung 17 ein Ventil V_2 angeschlossen, das als Freilaufventil dient. Im dargestellten Fall ist das Ventil V_2 einfach als Diode ausgeführt, die mit ihrer Kathode mit dem Pluspol verbunden ist und mit ihrer Anode mit der Kathode des Ventils V_3 bzw. dem Anker 12 bzw. Drain des Ventils V_1 verbunden ist.

Das Ventil in Form der Diode V_2 vermeidet den Aufbau von Überspannungen, die über der aus dem Anker 12 und den beiden Feldwicklungen 14, 16 gebildeten Strecke auftreten könnten. Im Motorbetrieb ist das Ventil V_3 ausgeschaltet, und die Leistung wird durch das Ventil V_1 gesteuert. Bei Umschaltung in den Bremsbetrieb wird zunächst das Ventil V_1 ausgeschaltet und dann zeitverzögert das Ventil V_3 eingeschaltet. Anschließend wird das Ventil V_1 für die Dauer der Bremsphase von z.B. 3 Sekunden

eingeschaltet, bis der Motor steht. Danach werden V_1 und V_3 ausgeschaltet. Damit ist die Bremsphase beendet.

In Fig. 8 ist eine Abwandlung der Schaltung gemäß Fig. 7 für den Betrieb mit Wechselstrom dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 10f bezeichnet. Der Anker 12 ist asymmetrisch zu den beiden Feldwicklungen 14, 16 angeordnet und liegt mit einem Pol an der Speisespannung 17. Die beiden mit dem Anker 12 in Reihe geschalteten Feldwicklungen 14, 16 sind an ihrem anderen Ende an einen Brückengleichrichter 21 angeschlossen, dessen anderer Wechselstromeingang mit dem anderen Pol der Speisespannungsquelle 17 verbunden ist. Das Ventil V_1 wiederum in Form eines Feldeffekttransistors wird an seinem Gate über die Pulsweitenmodulationssteuerung PWM angesteuert und ist mit Drain am Pluspol und mit Source am Minuspol des Brückengleichrichters 21 angeschlossen.

zur Überbrückung des Ankers 12 ist parallel dazu das Ventil V_3 angeschlossen, während das Ventil V_2 , das wiederum als Freilaufventil dient, parallel zu den beiden Feldwicklungen 14, 16 angeschlossen ist. Die Ventile V_2 , V_3 , die wiederum beispielsweise als Thyristoren ausgebildet sein können, sind derart gepolt, daß ihre beiden Kathoden miteinander verbunden sind.

Wiederum sind während des Motorbetriebes die Ventile V_2 , V_3 inaktiv, so daß das Bremsmodul 20 ohne Einfluß ist. Somit wird der Motor 10f während des Motorbetriebs ausschließlich über V_1 gesteuert, der über die Pulsweitenmodulationssteuerung PWM angesteuert wird. Bei Umschaltung in den Bremsbetrieb wird zunächst das Ventil V_1 ausgeschaltet. Anschließend werden zeitverzögert die Ventile V_2 , V_3 eingeschaltet und V_1 für die Dauer

der Bremsphase von z.B. etwa 3 Sekunden eingeschaltet, bis der Motor steht. Anschließend werden V_1 , V_2 und V_3 ausgeschaltet, womit die Bremsphase beendet ist.

Eine weitere Abwandlung des erfindungsgemäßen Motors ist in Fig. 9 dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 10g bezeichnet.

Hierbei wird wie bei den Ausführungen gemäß Figuren 4 bis 6 eine Phasenanschnittsteuerung zur Steuerung des Motors 10f während des Motorbetriebs verwendet.

Zur Begrenzung des Erregerstroms im Bremsbetrieb wird anstelle eines Lastwiderstandes nunmehr ein steuerbares Ventil V_3 in Form eines Feldeffekttransistors verwendet, der an seinem Gate über eine Pulsweitenmodulationssteuerung PWM angesteuert wird.

Im dargestellten Fall ist wiederum eine symmetrische Anordnung des Ankers 12 zwischen den beiden Feldwicklungen 14, 16 gezeigt. Während die eine Feldwicklung 14 mit dem einen Pol der Speisespannungsquelle 17 verbunden ist, ist die andere Feldwicklung 16 an ihrem dem Anker 12 abgewandten Ende über ein Ventil V_1 in Form eines Triacs mit dem anderen Pol der Speisespannungsquelle 17 verbunden. Der Triac wird über eine Phasenanschnittsteuerung 18 angesteuert.

zur Überbrückung der Ankerwicklung 12 während des Bremsbetriebs ist wiederum ein steuerbares Ventil V_3 vorgesehen, während parallel zur Feldwicklung 14 ein steuerbares Freilaufventil V_2 angeschlossen ist, um Spannungsspitzen an der Feldwicklung 14 zu begrenzen. Zur Steuerung des Erregerstroms im Bremsbetrieb dient das Ventil V_3 in Form des Feldeffekttransistors,

das über ein Ventil V_4 an die Feldwicklung 14 bzw. den Anker 12 und die beiden Ventile V_2 , V_3 angeschlossen ist. Sofern die Pulsweitenmodulationssteuerung PWM abgeschaltet werden kann, sorgt das Ventil V_4 lediglich für die richtige Polarität am Ventil V_5 . Es kann sich also im einfachsten Fall um eine Diode handeln. Sofern die Pulsweitenmodulationssteuerung nicht abschaltbar ist, ist das Ventil V_4 ein steuerbares Ventil, wie auch die beiden Ventile V_2 , V_3 , zum Beispiel ein Thyristor. Um eine Potentialtrennung zu gewährleisten, kann wiederum zur Ansteuerung für die Ventile V_2 , V_3 und gegebenenfalls V_4 ein Optokoppler verwendet werden.

Wie aus Fig. 9 zu ersehen ist, sind die Ventile V_2 , V_3 , V_4 sämtlich mit ihrer Anodenseite zwischen Feldwicklung 14 und Anker 12 angeschlossen.

In der Motorbetriebsphase sind die Ventile V_2 , V_3 , V_4 , V_5 abgeschaltet, so daß sich die bekannte Schaltung eines Reihenschlußmotors ergibt, der über einen Triac V_1 mit Phasenanschnittsteuerung 18 gesteuert wird. Zur Umschaltung in den Bremsbetrieb wird zunächst V_1 über die Phasenanschnittsteuerung 18 ausgeschaltet und mit einer gewissen Zeitverzögerung die Ventile V_2 , V_3 eingeschaltet. Die Ventile V_4 , V_5 werden dann für die Dauer der Bremsphase eingeschaltet, bis der Motor zum Stillstand gekommen ist. Anschließend werden die Ventile V_4 , V_5 und V_2 , V_3 ausgeschaltet, womit die Bremsphase beendet ist.

In Fig. 10 ist eine Abwandlung des Reihenschlußmotors gemäß Fig. 9 mit asymmetrischer Anordnung des Ankers 12 dargestellt und insgesamt mit 10h bezeichnet. Abgesehen von der asymmetrischen Anordnung entsprechen Aufbau und Funktionsweise des Mo-

tors 10h vollständig der zuvor anhand von Fig. 9 beschriebenen Ausführung. Der Anker 12 ist mit einem Pol der Speisespannungsquelle 17 verbunden und mit einem anderen Pol an die beiden in Reihe geschalteten Feldwicklungen 14, 16 angeschlossen. Das dem Anker 12 abgewandte Ende der Feldwicklung 16 ist über das Ventil V_1 in Form des Triacs mit dem anderen Pol der Speisespannungsquelle 17 verbunden. Zur Ansteuerung dient wiederum eine Phasenanschnittsteuerung 18. Zur Überbrückung des Ankers 12 ist parallel dazu ein steuerbares Ventil V_3 , beispielsweise in Form eines Thyristors angeschlossen. Parallel zu den beiden Feldwicklungen 14, 16 ist das Freilaufventil V_2 mit seiner Kathode an die Kathode des Ventils V_3 und den Anker 12 bzw. die Feldwicklung 14 angeschlossen. Zur Steuerung des Erregerstroms im Bremsbetrieb, der über die Feldwicklungen 14, 16 und über das Ventil V_3 fließt, ist wiederum das Ventil V_5 in Form eines Feldeffekttransistors vorgesehen, der über eine Pulsweitenmodulationssteuerung PWM angesteuert wird und über ein Ventil V_4 zwischen Triac und Feldwicklung 16 angeschlossen ist. Wie zuvor bereits beschrieben, kann V_4 eine einfache Diode sein, sofern die Pulsweitenmodulationssteuerung PWM abschaltbar ist.

In Fig. 11 ist schließlich eine mögliche Realisationsform des Motors gemäß Fig. 9 mit größerem Detail dargestellt und insgesamt mit 10i bezeichnet.

Die Grundschaltung des Motors 10i stimmt vollständig mit der Schaltung des Motors 10g gemäß Fig. 9 überein. Lediglich die Ventile V_2 , V_3 und V_4 , die ja bei der Schaltung gemäß Fig. 9 lediglich beispielhaft angedeutet wurden, sind nunmehr in ihrer konkreten Ausgestaltung dargestellt.

V_4 ist als einfache Diode ausgebildet, da V_5 über die Pulsweitenmodulationssteuerung PWM abschaltbar ist. Die beiden Ventile V_2 , V_3 sind jeweils als Triac ausgebildet, die über einen Optotriac angesteuert werden.

Das Ventil V_2 weist einen Triac 22 auf, der zwischen Anker 12 und Feldwicklung 14 über eine Diode 24 angeschlossen ist, die mit ihrer Kathode an der Speisespannungsquelle 17 liegt. Zur Ansteuerung des Triacs 22 dient ein Optotriac 28, der einerseits an das Gate des Triacs 22 angeschlossen ist und andererseits über einen Widerstand 26 an die Verbindung mit der Anode der Diode 24 angeschlossen ist. Der Optotriac 28 ist über einen Widerstand 30 mit der Leitung 40 verbunden, die an die Anode des Ventils V_4 , den Anker 12 und die Feldwicklung 14 angeschlossen ist. Der Optotriac 28 wird über eine LED angesteuert.

In entsprechender Weise weist das Ventil V_3 einen Triac 32 auf, der parallel zum Anker 12 zwischen der Leitung 40 und der Verbindung zur Feldwicklung 16 angeschlossen ist. Auf eine Diode in diesem Kreis kann verzichtet werden. Der Triac 32 wird wiederum über einen Optotriac 38 angesteuert, der mit dem Gate des Triacs 32 verbunden ist, über einen Widerstand 36 mit der Leitung 40 gekoppelt ist und über einen Widerstand 34 mit dem Anschluß des Triacs 32 an Anker 12 und Feldwicklung 16 angeschlossen ist. Zur Ansteuerung des Optotriacs dient wiederum eine LED.

Grundsätzlich könnten auch die Triacs 22, 32 unmittelbar als Optotriacs ausgebildet sein, sofern Bauelemente mit ausreichender Leistung ohne weiteres zur Verfügung stehen. Im vorliegenden Fall sind jedoch die Triacs 22, 32 als Leistungstriac aus-

gebildet, während die Optotriacs 28, 38 lediglich als Steuerelemente mit geringer Leistung ausgeführt sind.

Die Funktionsweise des Motors 10i gemäß Fig. 11 entspricht vollständig der Funktionsweise des Motors 10g gemäß Fig. 9.

Es versteht sich, daß auch beispielsweise der Motor 10h gemäß Fig. 10 in entsprechender Weise mit Triacs bzw. Optotriacs ausgeführt werden könnte, wie anhand von Fig. 11 erläutert wurde.

Eine Abwandlung der Ausführungsform gemäß Fig. 8 ist in Fig. 12 dargestellt und insgesamt mit 10j bezeichnet.

Hierbei wurde die Pulsweitenmodulationssteuerung gemäß Fig. 8 durch eine Phasenanschnittsteuerung 18 ersetzt. Diese steuert das nunmehr als Triac ausgebildete Ventil V_1 sowohl im Motorbetrieb als auch im Bremsbetrieb. Der Gleichrichter 21 entfällt hierbei naturgemäß. Im übrigen entspricht die Funktionsweise dieser Schaltung vollständig der zuvor anhand von Fig. 8 erläuterten Funktionsweise.

Im Motorbetrieb wird der Triac V_1 typischerweise mit beiden Halbwellen angesteuert. Dabei liegt der Phasenanschnittwinkel α zwischen 90° und 180° . Dagegen wird im Bremsbetrieb nur die positive Halbwelle durchgelassen, z.B. mit α von 160° .

Die Ausführung gemäß Fig. 12 weist gegenüber Fig. 8 weniger Bauteile auf, ist raumsparend und besitzt geringere Verluste.

Patentansprüche

1. Gebremster Reihenschlußmotor mit mindestens einer Feldwicklung (14, 16) und mindestens einem kommutierenden Anker (12), der mit der mindestens einen Feldwicklung (14, 16) in Reihe liegt und im Motorbetrieb aus einer Versorgungsspannung (17) gespeist wird, mit Mitteln ($S_1, S_2, S_3, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$) zum Umschalten in den Bremsbetrieb, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Umschalten in den Bremsbetrieb eine Überbrückung des Ankers (12) und eine Fremderregung mindestens einer Feldwicklung (14, 16) durch die Versorgungsspannung (17) im Bremsbetrieb erlauben.
2. Reihenschlußmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel ($S_3, V_1, V_4, V_5, R_1, L_2$) zur Begrenzung des Erregerstroms durch die mindestens eine Feldwicklung (14, 16) im Bremsbetrieb vorgesehen sind.
3. Reihenschlußmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (S_4, V_2) zur Begrenzung der Spannung an der mindestens einen Feldwicklung (14, 16) im Bremsbetrieb vorgesehen sind.
4. Reihenschlußmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Überbrückung des Ankers (12) im Bremsbetrieb ein steuerbares Ventil (V_3) vorgesehen ist, das parallel zum Anker (12) geschaltet ist.
5. Reihenschlußmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Begrenzung des Erreger-

stromes durch die mindestens eine Feldwicklung (14, 16) ein steuerbares Ventil (V_1 , V_4 , V_5) vorgesehen ist.

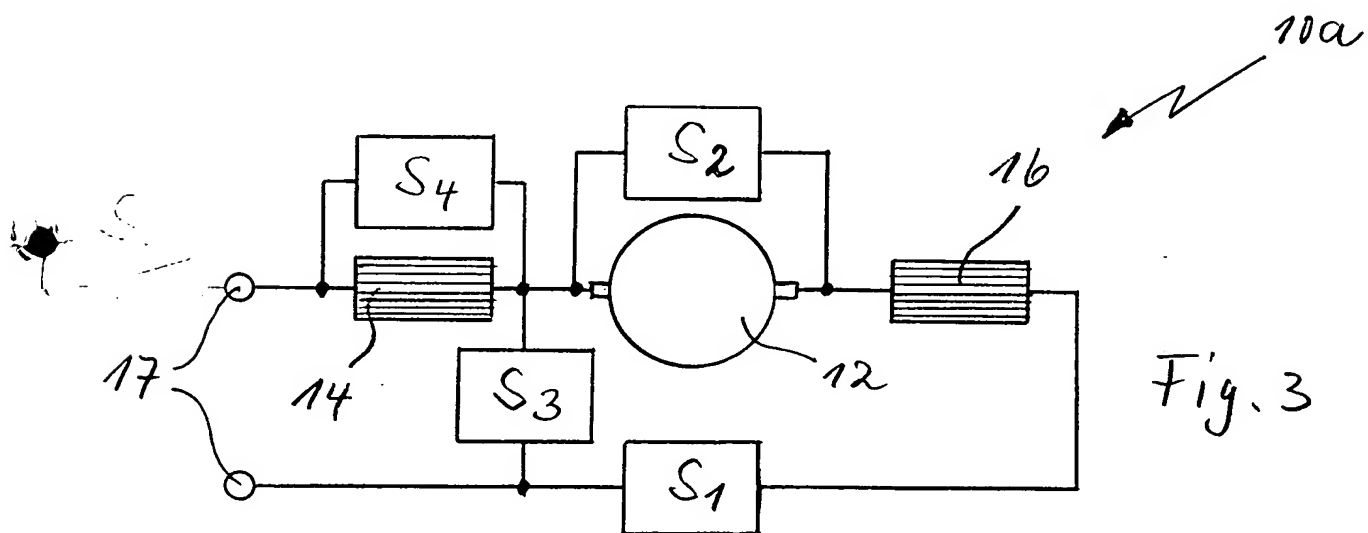
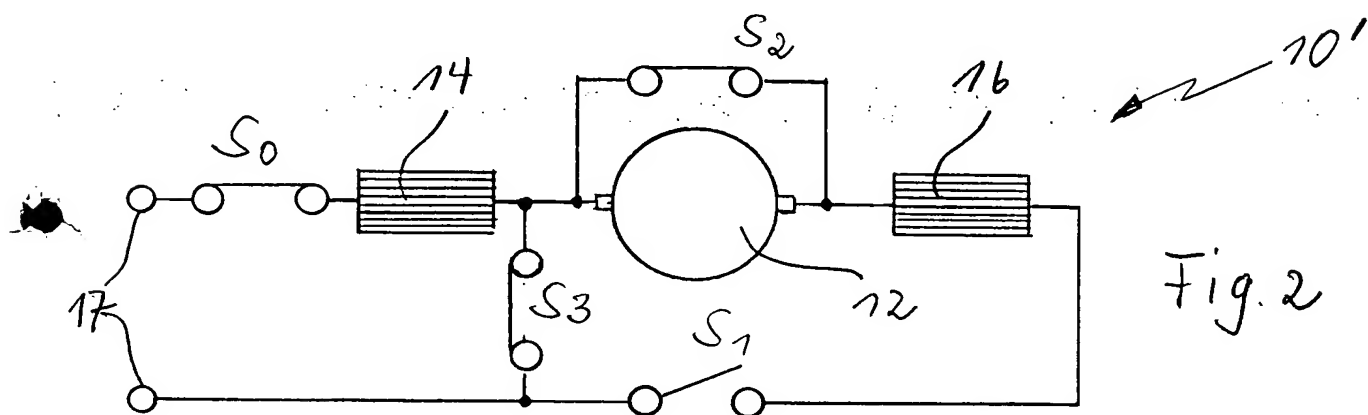
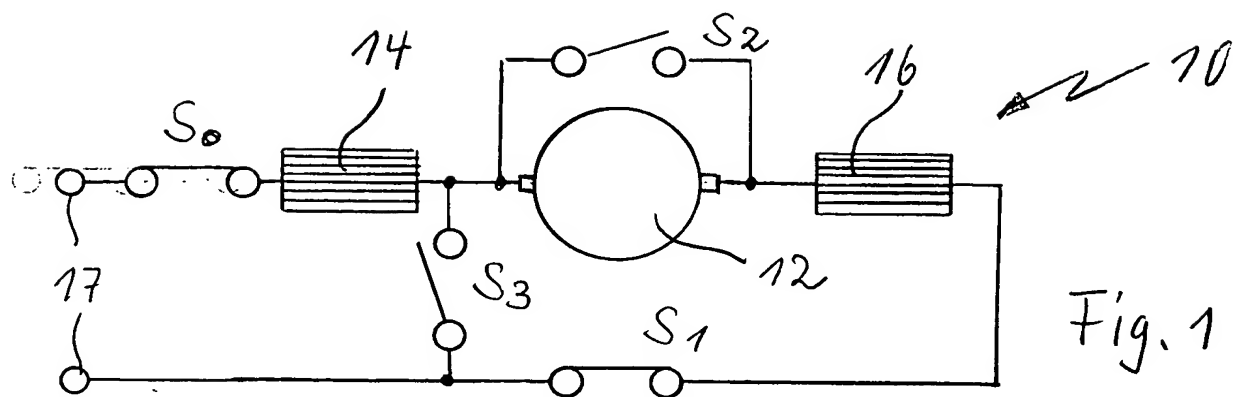
6. Reihenschlußmotor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Ventil (V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , V_5) ein Schalter, ein Relais, ein Halbleiter mit geeigneter Ansteuerung, wie ein Triac, ein Thyristor, ein FET, ein Transistor oder dgl. vorgesehen ist.
7. Reihenschlußmotor nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das steuerbare Ventil (V_4) die mindestens eine Feldwicklung (14) im Bremsbetrieb über einen Lastwiderstand (R_1) mit der Speisespannung verbindet.
8. Reihenschlußmotor nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das steuerbare Ventil (V_4) die mindestens eine Feldwicklung (14) über einen Lastwiderstand (R_1) und mindestens eine Erregerwicklung (L_2) mit der Speisespannung verbindet.
9. Reihenschlußmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Überbrückung des Ankers (12) ein steuerbares Ventil (V_3) vorgesehen ist, das in Reihe mit einer Erregerwicklung (L_1) parallel zum Anker (12) angeschlossen ist.
10. Reihenschlußmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung des Motors (10b, 10c, 10d, 10g, 10h, 10i) im Motorbetrieb eine Phasenschnittsteuerung (18) vorgesehen ist, über die ein Schalter (V_1) vorzugsweise in Form eines Triacs gesteuert

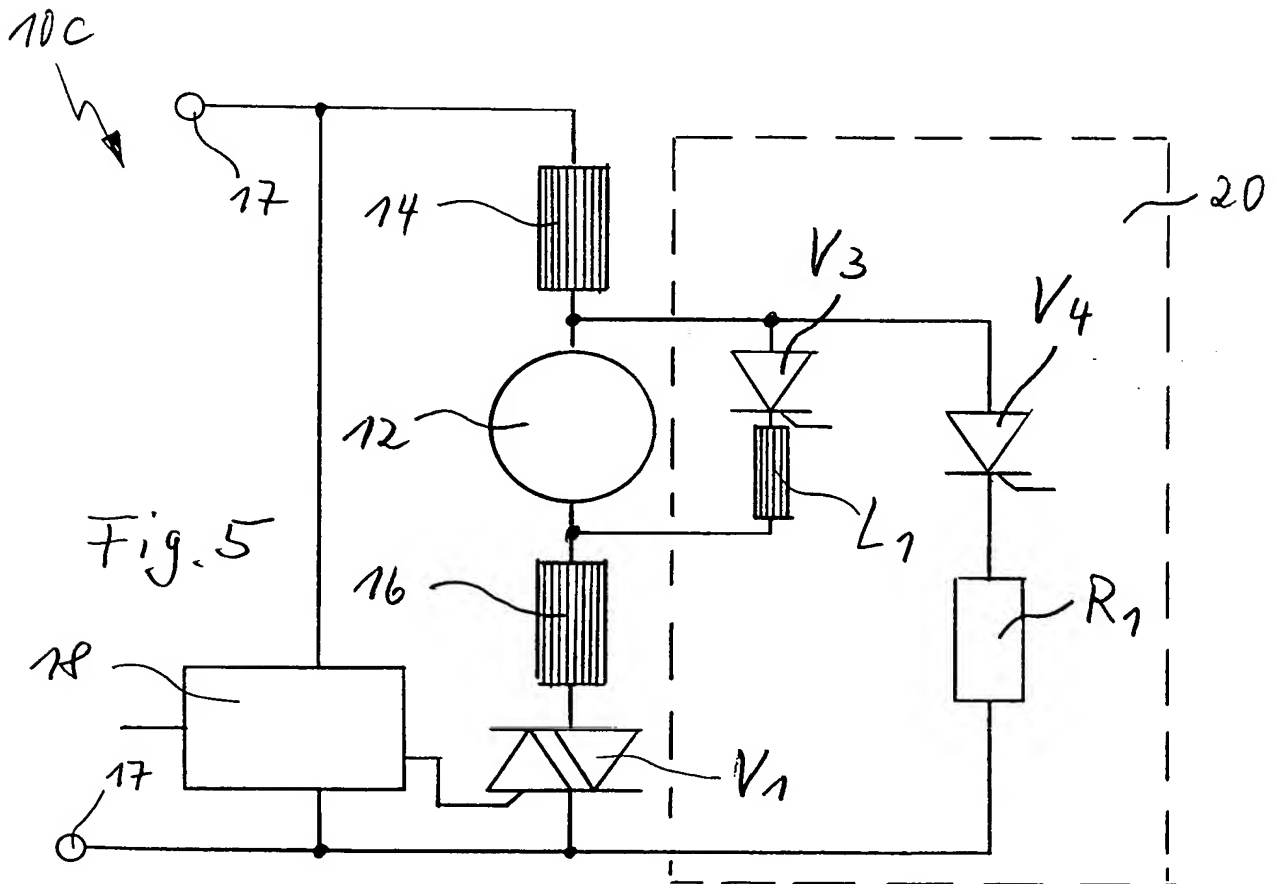
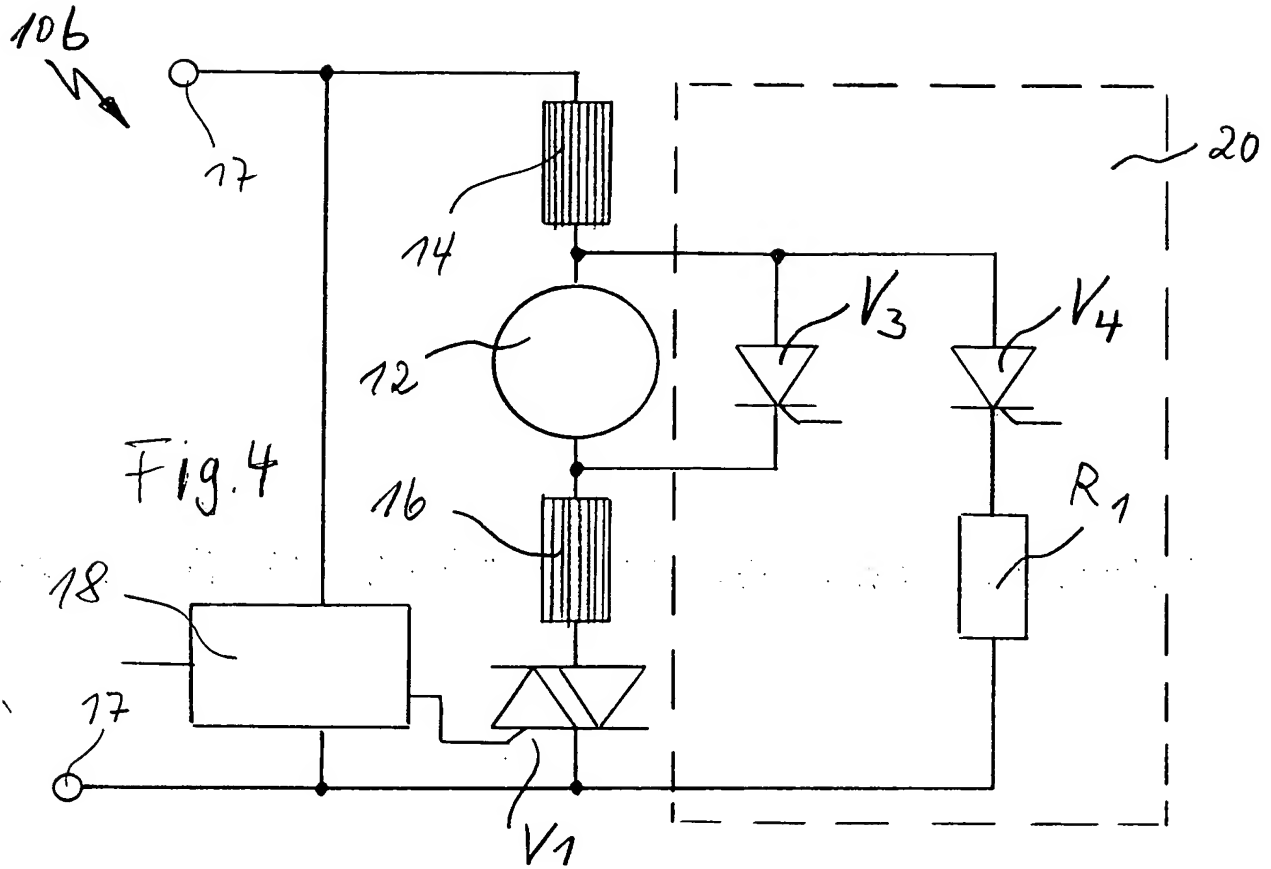
wird, der in Reihe mit der mindestens einen Feldwicklung (14, 16) und dem Anker (12) liegt.

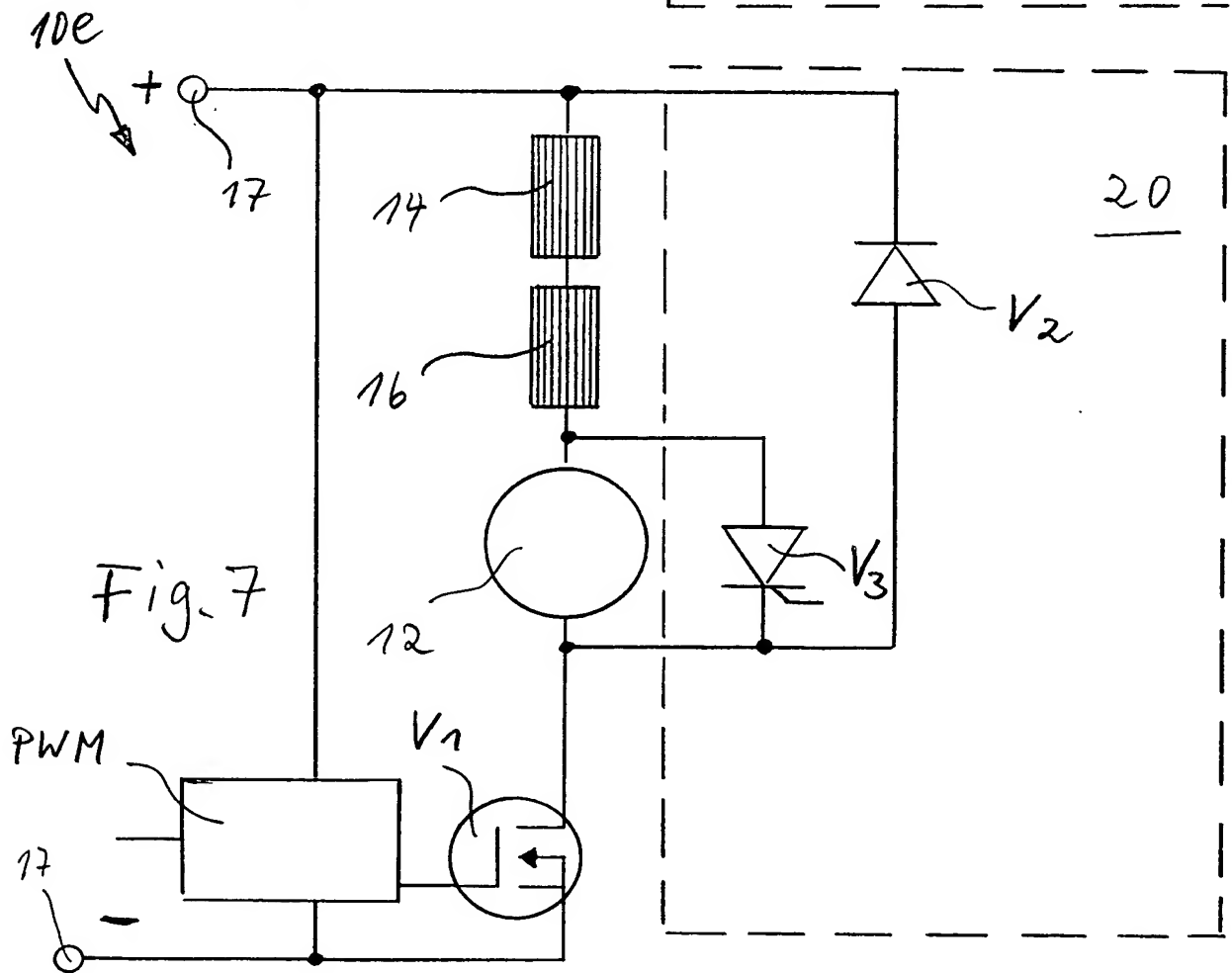
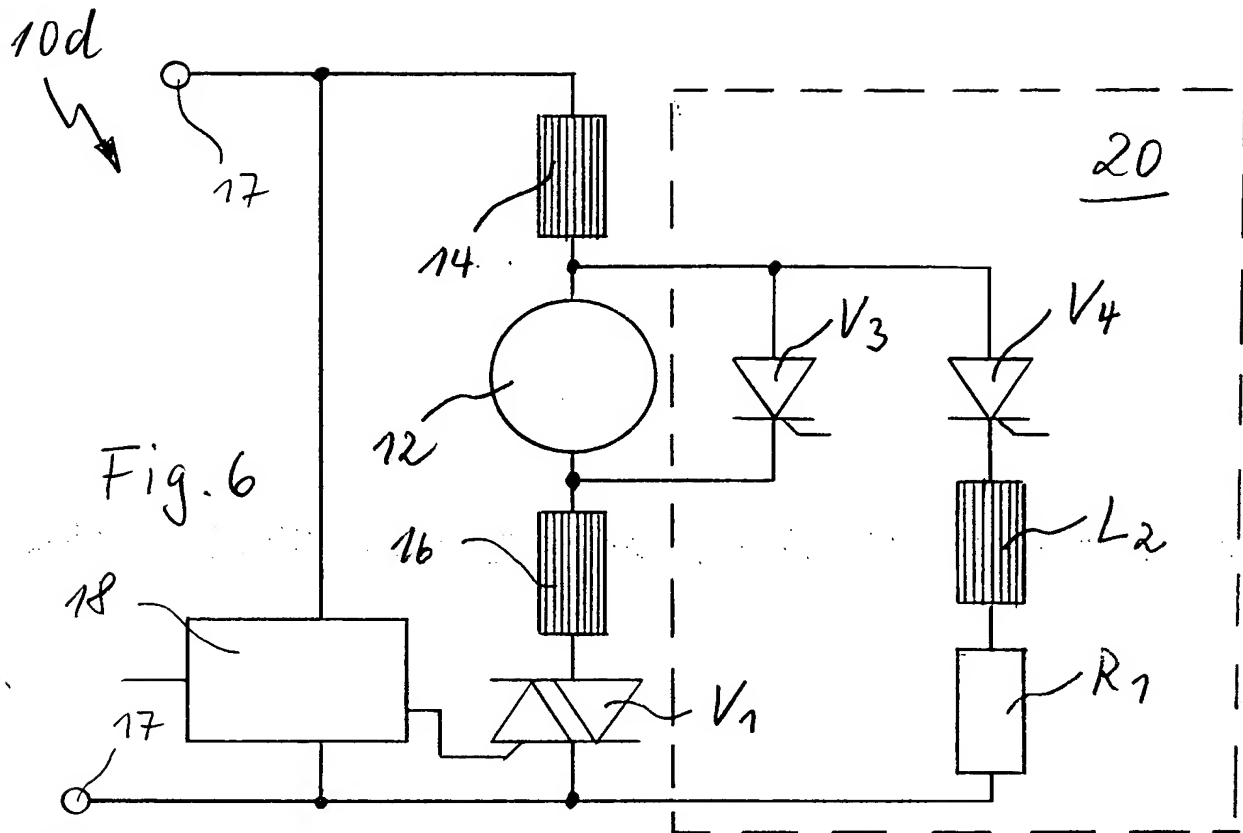
11. Reihenschlußmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung des Motors im Motorbetrieb ein Transistor (V_1), vorzugsweise ein Feldefeffekttransistor vorgesehen ist, der vorzugsweise von einer Pulsweitenmodulationssteuerung (PWM) gesteuert wird, und der mit der mindestens einen Feldwicklung (14, 16) und dem Anker in Reihe liegt.
12. Reihenschlußmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ventil (V_2) vorgesehen ist, das parallel zu der mindestens einen Feldwicklung (14, 16) angeschlossen ist, die zur fremderregten Bremsung im Bremsbetrieb verwendet wird.
13. Reihenschlußmotor nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Speisespannung eine Wechselspannung vorgesehen ist und daß der Transistor (V_1), vorzugsweise der Feldeffekttransistor, über einen Gleichrichter (21) an die Speisespannung (17) und an die mindestens eine Feldwicklung (14, 16) angeschlossen ist.
14. Reihenschlußmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung des Erregerstroms im Bremsbetrieb durch die mindestens eine Feldwicklung (14) ein Transistor (V_1 , V_3), vorzugsweise ein Feldeffekttransistor vorgesehen ist, der vorzugsweise über eine Pulsweitenmodulationssteuerung (PWM) angesteuert wird.

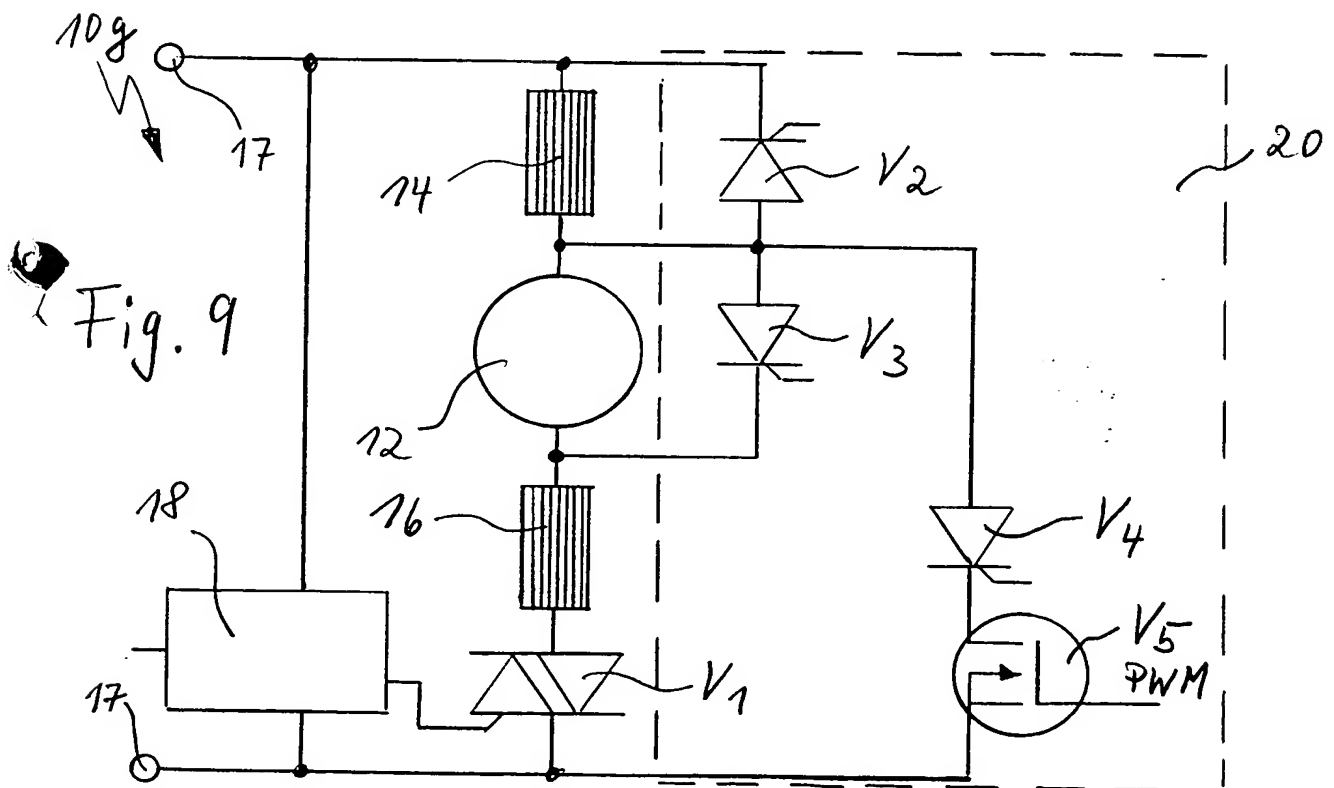
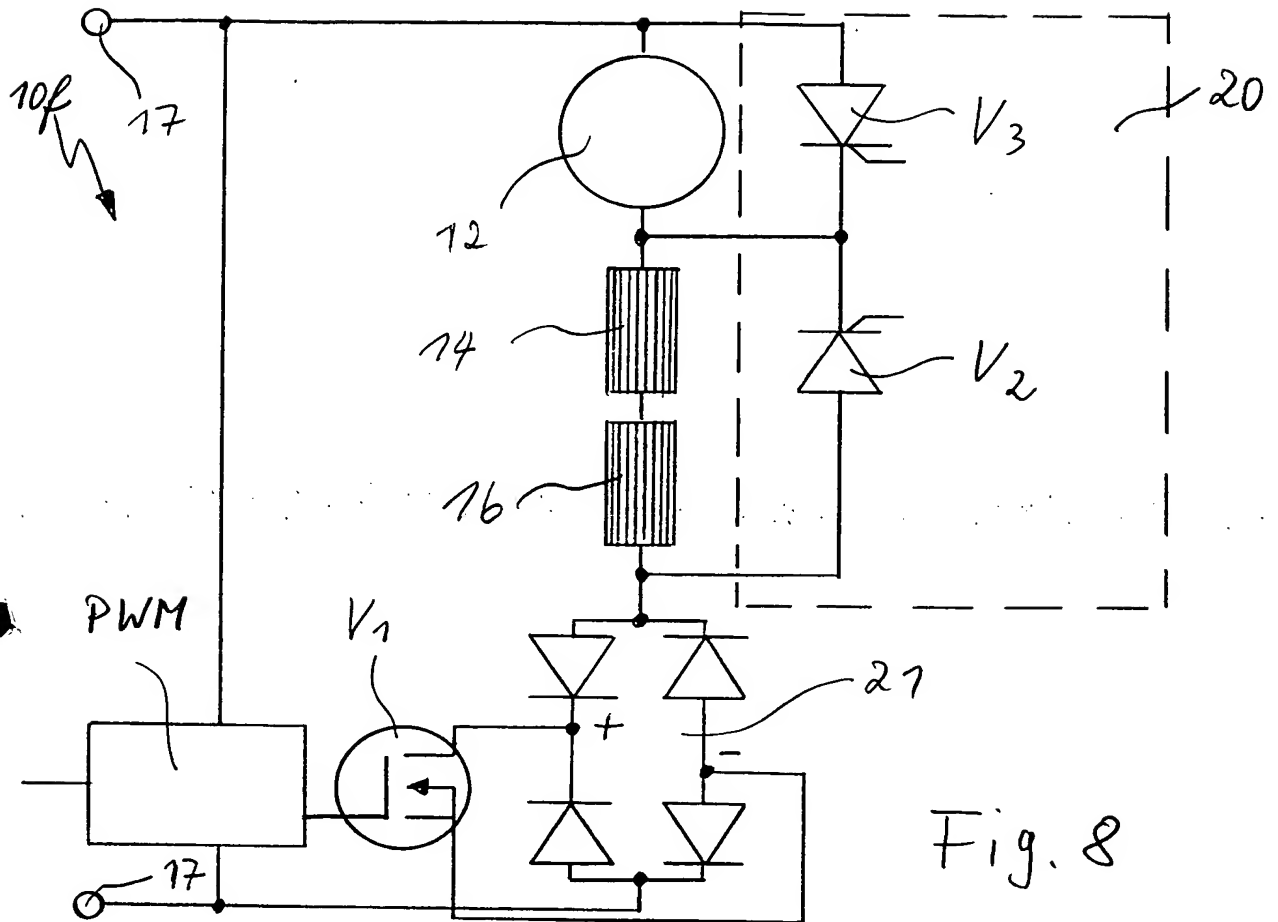
15. Reihenschlußmotor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der von einer Pulsweitenmodulationssteuerung (PWM) angesteuerte Transistor (V_5) über ein Ventil (V_4) an den Anker (12) bzw. die mindestens eine Feldwicklung (14, 16) angeschlossen ist.
16. Reihenschlußmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung des Motors (10j) im Motorbetrieb und im Bremsbetrieb eine Phasenschnittsteuerung (18) vorgesehen ist, über die ein Schalter (V_1) vorzugsweise in Form eines Triacs gesteuert wird, der in Reihe mit der mindestens einen Feldwicklung (14, 16) und dem Anker (12) liegt, wobei die Phasenschnittsteuerung (18) im Bremsbetrieb nur eine Halbwelle entsprechend der zur Bremsen notwendigen Stromrichtung ansteuert.
17. Reihenschlußmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ansteuerung eines steuerbaren Ventils (V_2 , V_3 , V_4) ein Optokoppler, insbesondere mit einer Optodiode oder einem Optotriac (28, 38) vorgesehen ist.
18. Verfahren zum Bremsen eines Reihenschlußmotors mit mindestens einer Feldwicklung (14, 16) und einem Anker (12), bei dem zum Bremsen der Stromkreis über die mindestens eine Feldwicklung (14, 16) und den Anker (12) zu den Polen der Speisespannung (17) unterbrochen wird und mindestens eine Feldwicklung zur Fremderregung an die Speisespannung (17) gelegt wird, und bei dem der Anker (12) zum Bremsen überbrückt wird.

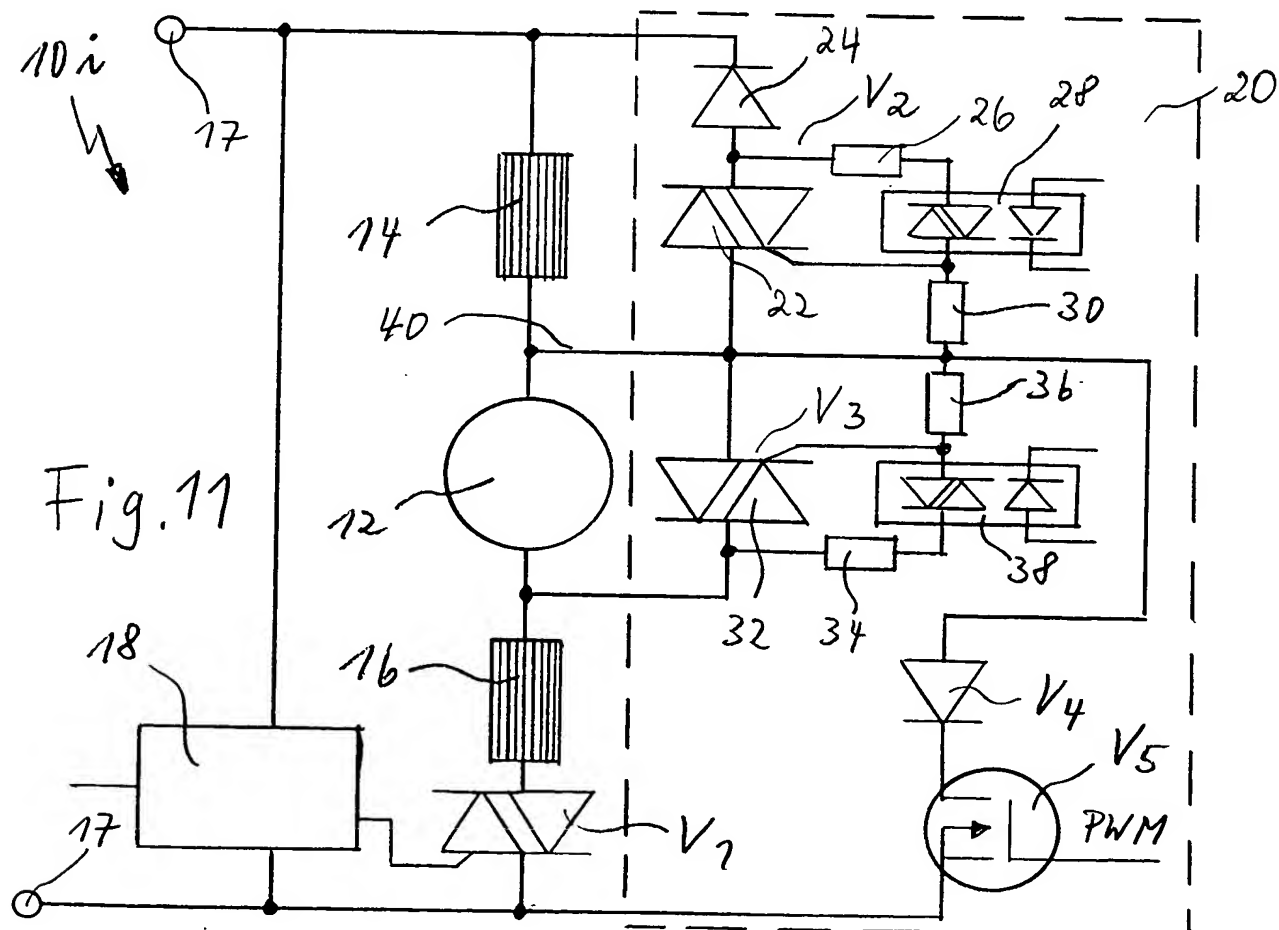
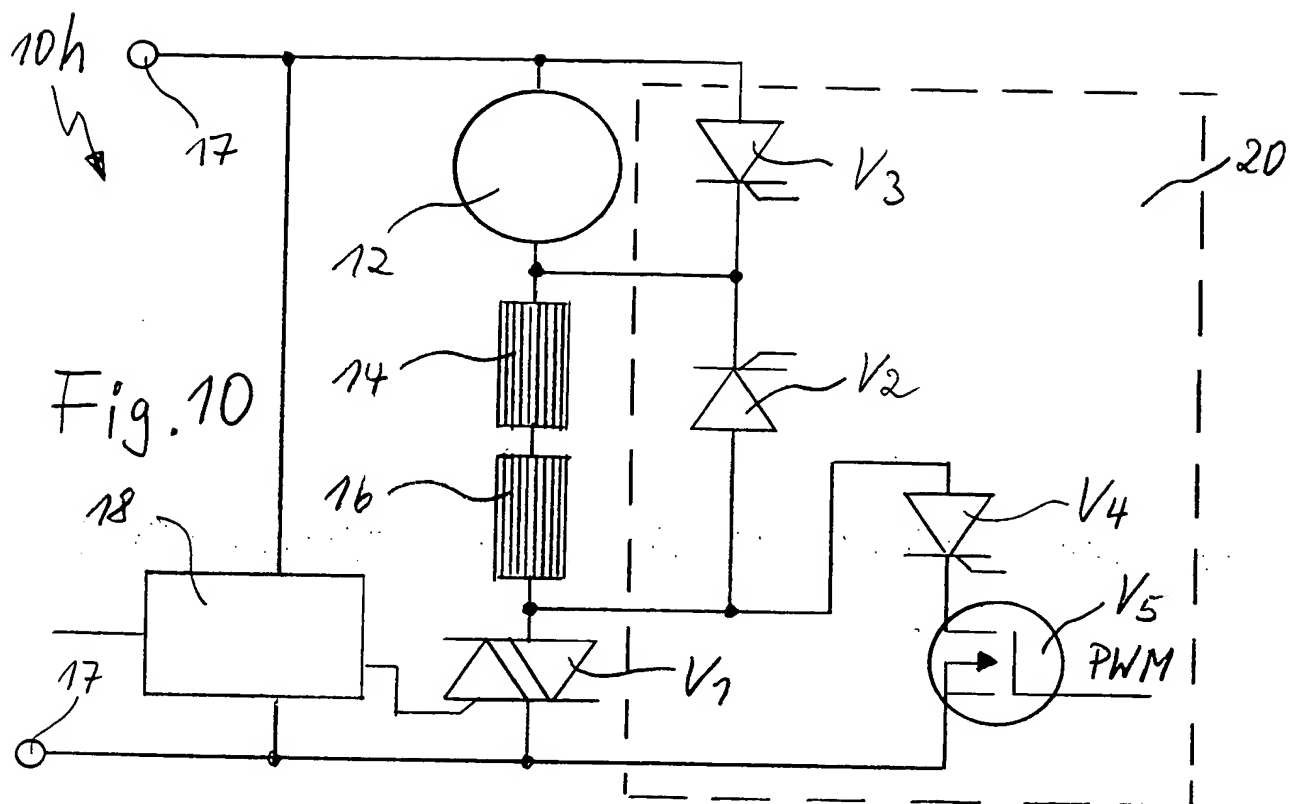
19. Verfahren zum Bremsen nach Anspruch 18, bei dem der Erregerstrom durch die mindestens eine Feldwicklung (14) im Bremsbetrieb begrenzt wird.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, bei dem der Bremsstrom durch den Anker (12) begrenzt wird.











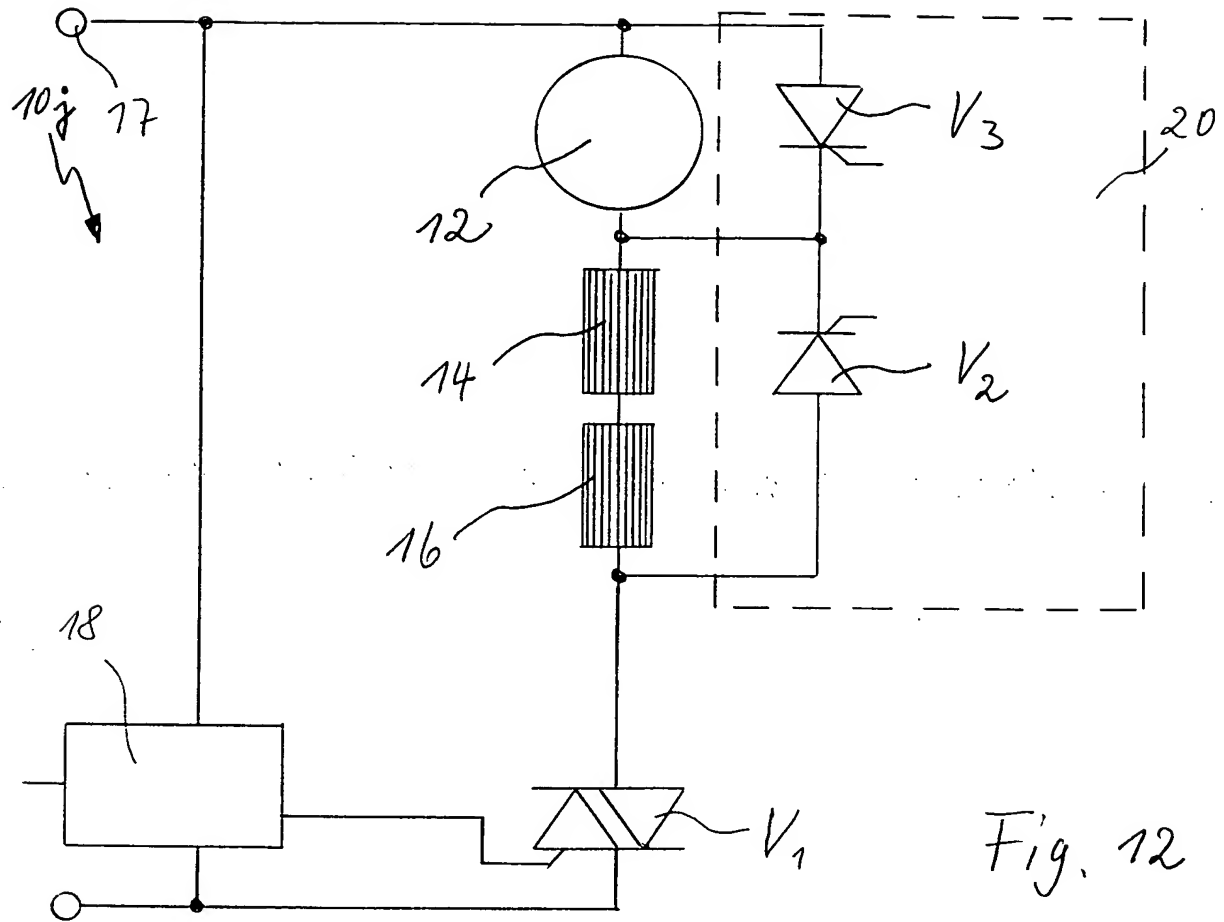


Fig. 12